

IDAJ CAE
Solution
Conference

Your True Partner for CAE&CFD

ICSC  2015

多点喷射天然气发动机 燃烧控制参数影响特性研究

公司名称：中国一汽无锡油泵油嘴研究所

计算研究部 刘明嘉 许汉君 夏兴兰

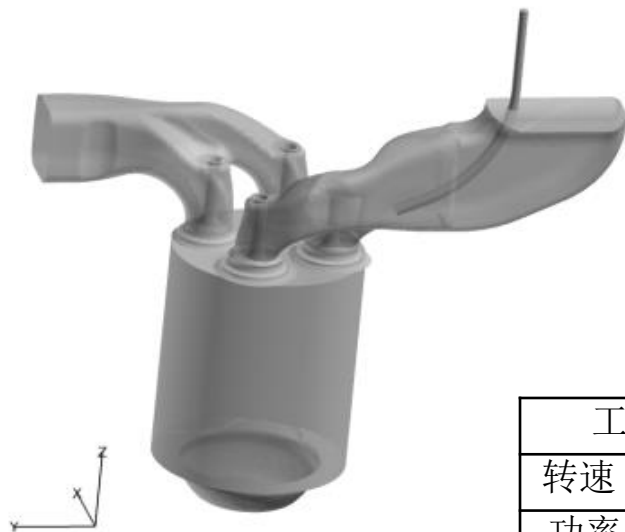
2015年11月20日

本文仅供学习交流。未经 IDAJ Co., LTD. 许可，谢绝转载和其他用途。

主要内容

- 1、计算模型及设置
- 2、计算网格影响
- 3、最佳的天然气喷射正时对缸内混合均匀性及爆震的影响
- 4、相同功率下EGR率对燃烧、排温和爆震的影响
- 5、涡流比对燃烧和性能的影响
- 6、燃烧室结构对燃烧的影响
- 7、多缸均匀性计算

1 计算模型及设置



计算模型

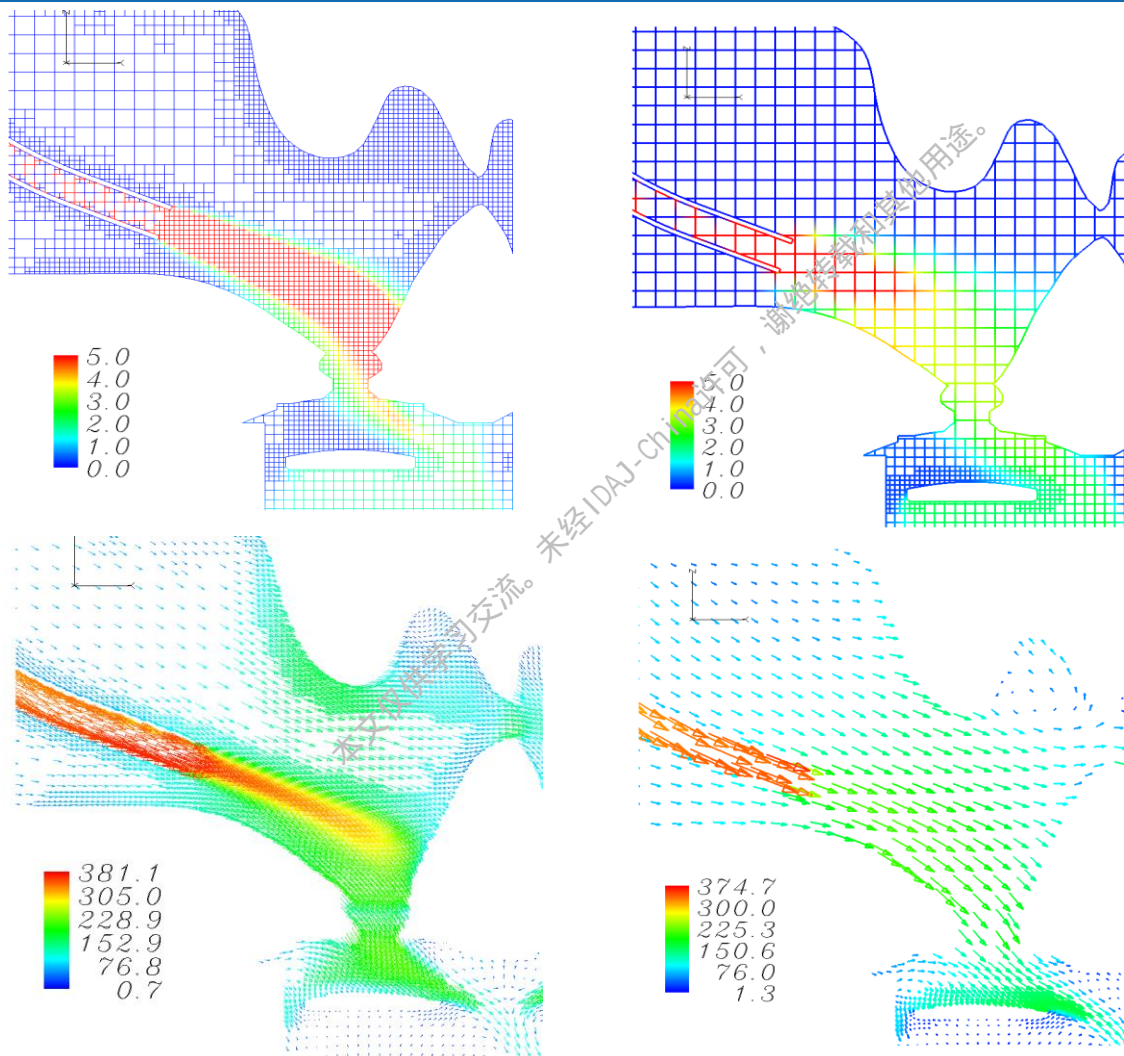
模型	
燃烧模型	G+化学反应机理
点火模型	初始化G值
湍流模型	RNG k-ε模型

工况号	1	2	3	4	5	6	7
转速 (rpm)	1200			1900			
功率 (kW)	207			287			
EGR率 (%)	4.7	9.8	13.5	10.2	14.9	20.2	24.7
点火提前角	8			20			
增压压比	1.9	2.3	2.6	2.3	2.4	2.5	3.1

Case1、Case4找出最佳的天然气喷射正时，其次以最佳的天然气喷射正时开展Case1至Case7的变EGR率计算以及相关爆震计算，最后以Case4的初边值条件及最优的喷射正时开展变涡流比计算和变燃烧室结构计算。

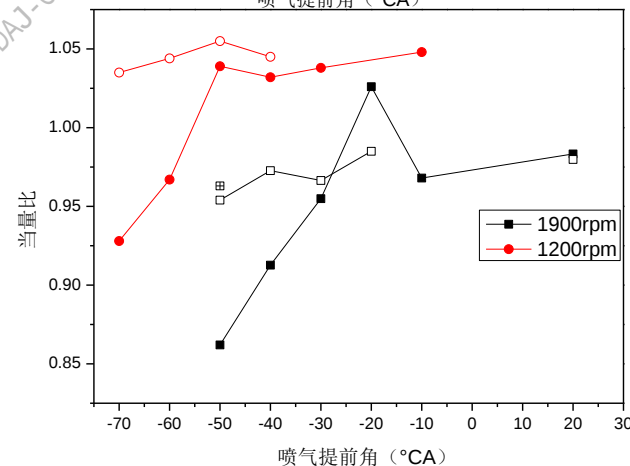
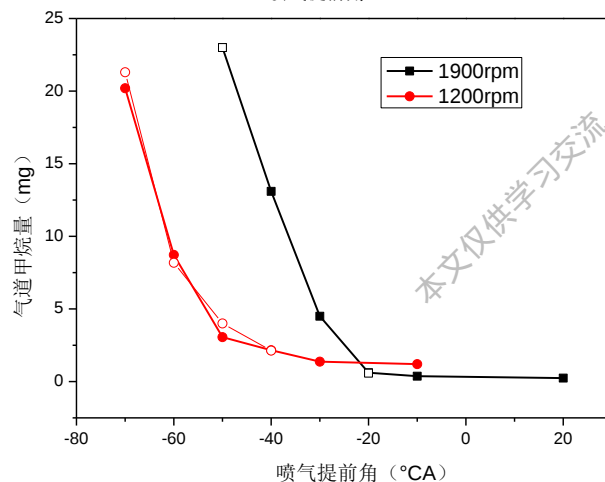
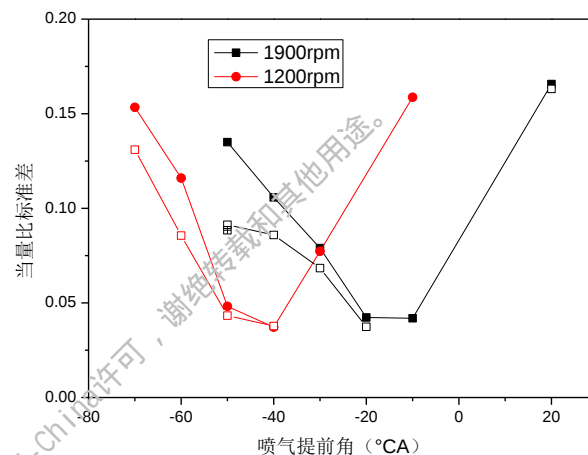
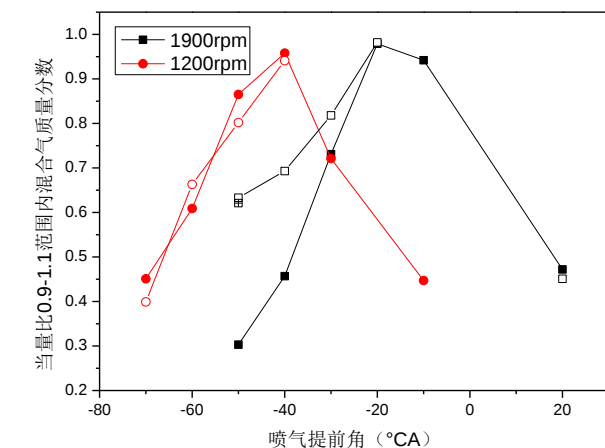
根据天然气喷射器的流量设置为12.355g/s，计算采用方波喷射，根据喷射量计算得出喷射持续期。

2 计算网格影响



粗网格计算时网格尺度不足以分辨出速度梯度变化，造成动量扩散大，速度衰减快，天然气射流锥角大，混合发生的快，因此对最佳喷射正时会产生一定的影响

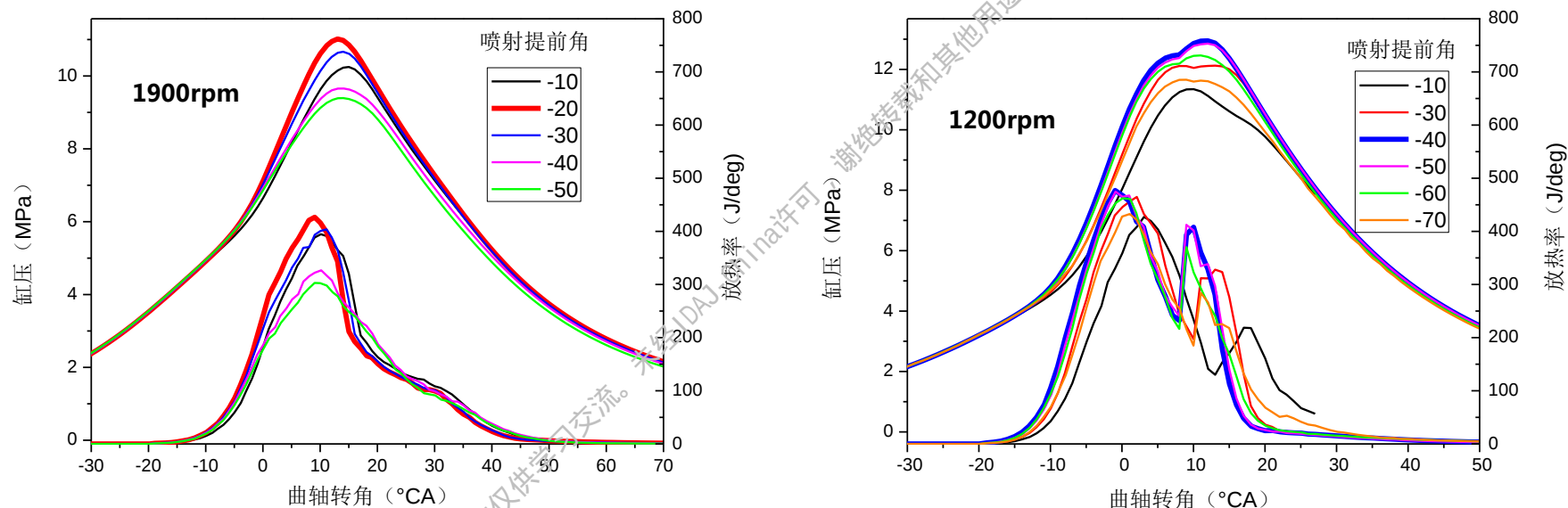
3、最佳喷射正时的确定—均匀性评价方法



混合均匀性的评价方法是统计点火时刻缸内当量比的标准差，当量比在0.9~1.1范围内的混合气可以认为是燃烧速率最快的“优质混合气”，因此可根据优质混合气的质量分数初步判断燃烧速率。

注：图中曲轴转角0位进气门开启时刻

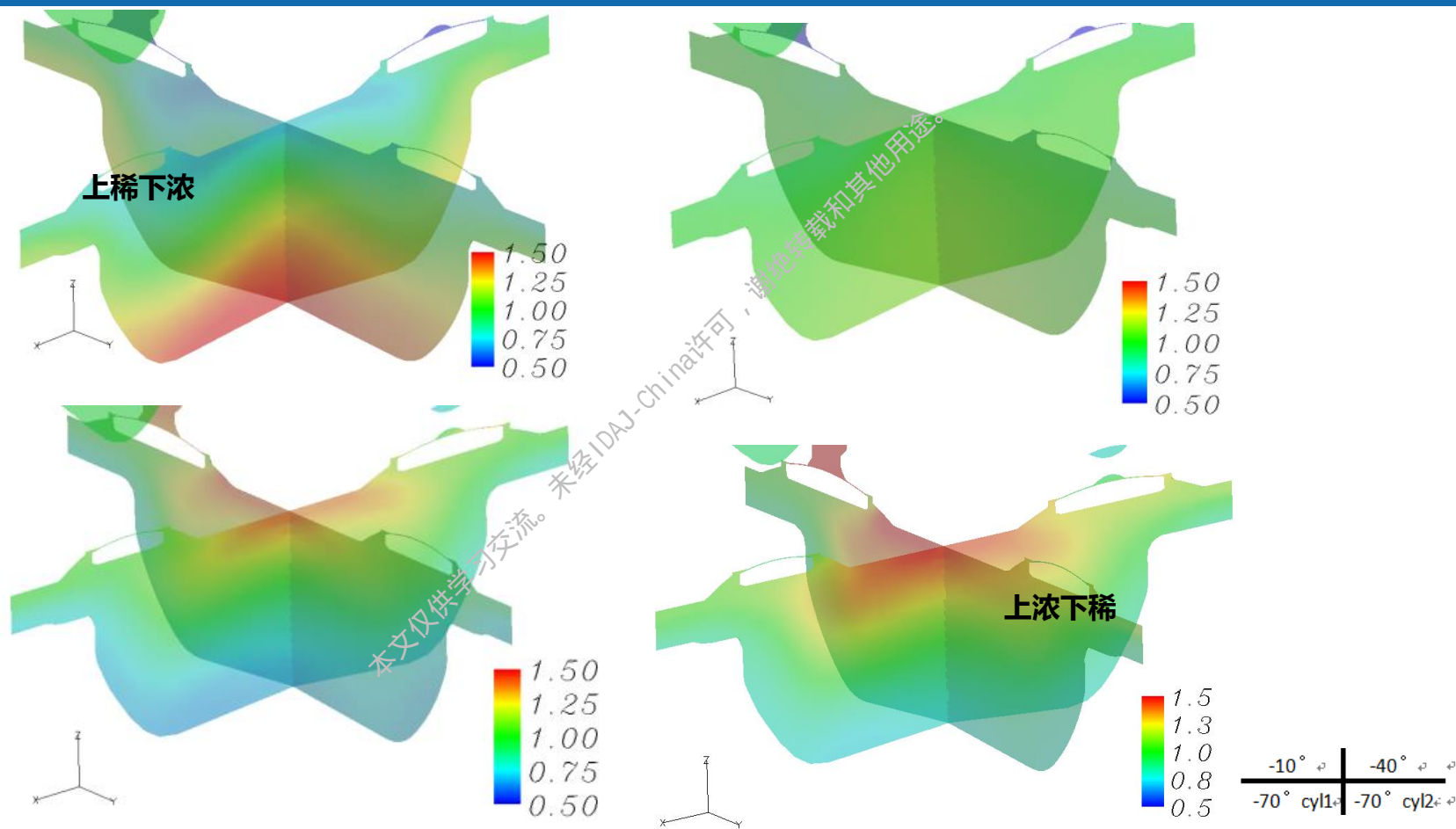
3、最佳喷射正时的确定—对燃烧影响



不同喷射正时的缸压及放热率（框选表示混合均匀度最好的工况）

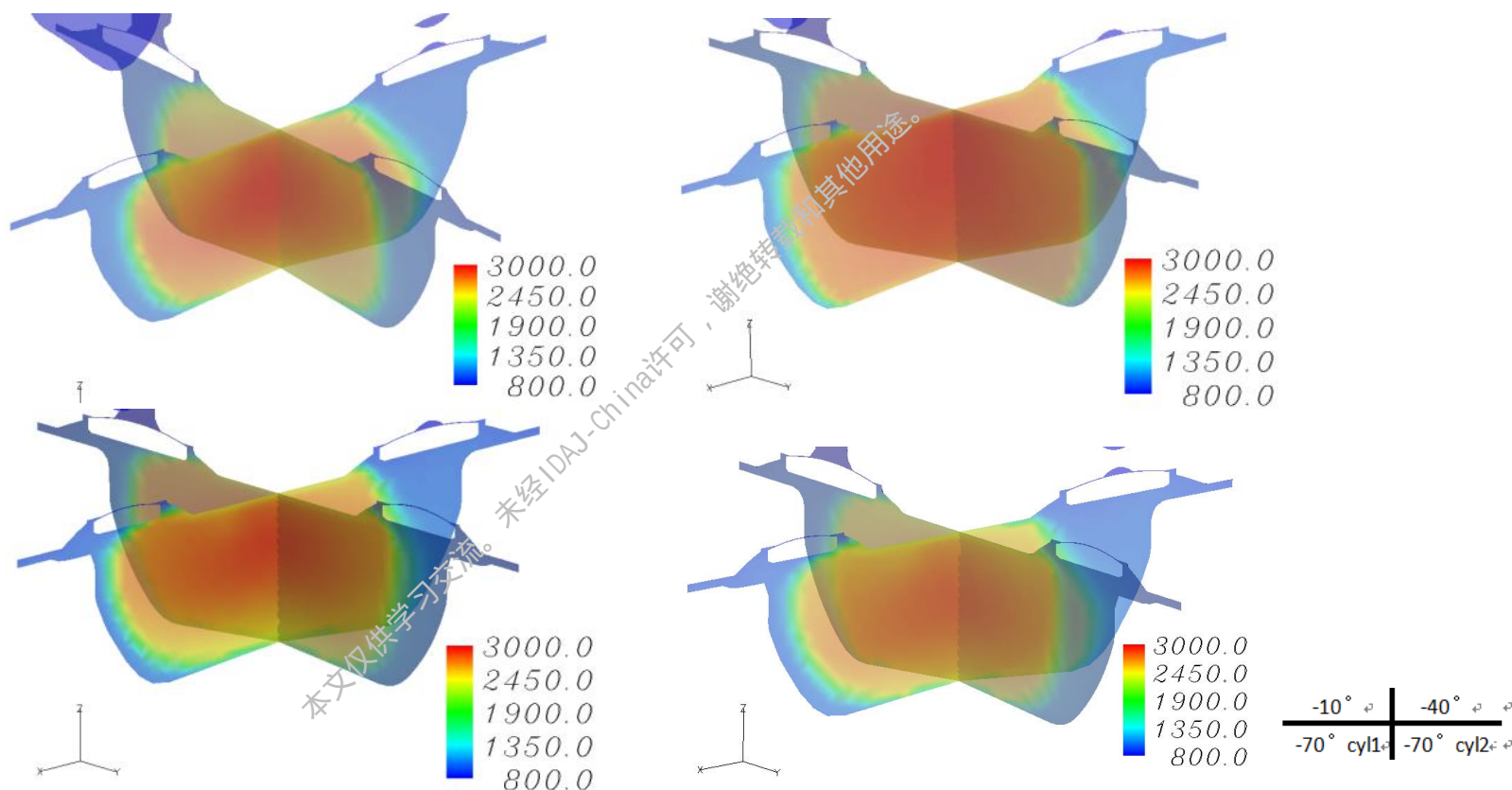
混合程度最均匀的工况其放热最集中，最大爆发压力也最高，同时其爆震的倾向也最大。而对于混合均匀度较差的工况，相同的混合均匀度下（如1200rpm下的-70°和-10°），推后最佳正时喷射的燃烧等容度好于提前最佳正时喷射的情况，说明仅依靠混合均匀程度判断燃烧情况

3、最佳喷射正时的确定一点火时均匀性



喷气提前角对缸内当量比分布变化的影响(1200rpm)

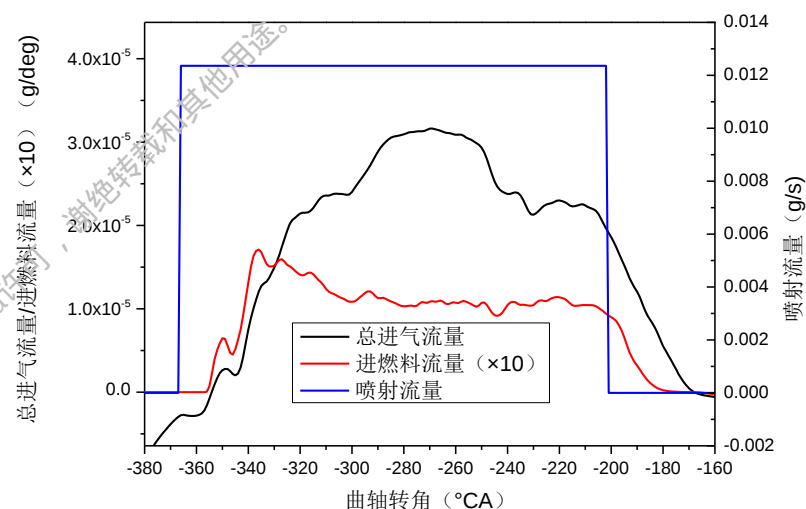
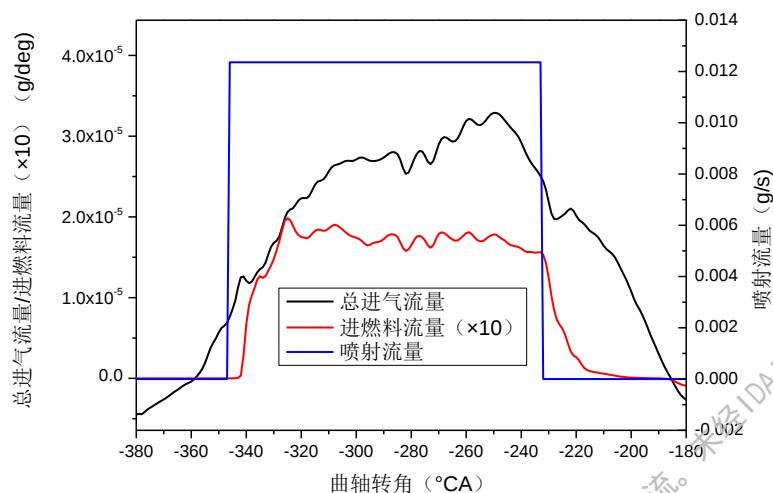
3、最佳喷射正时的确定—对火焰传播影响



喷气提前角对缸内火焰传播的影响(1200rpm)

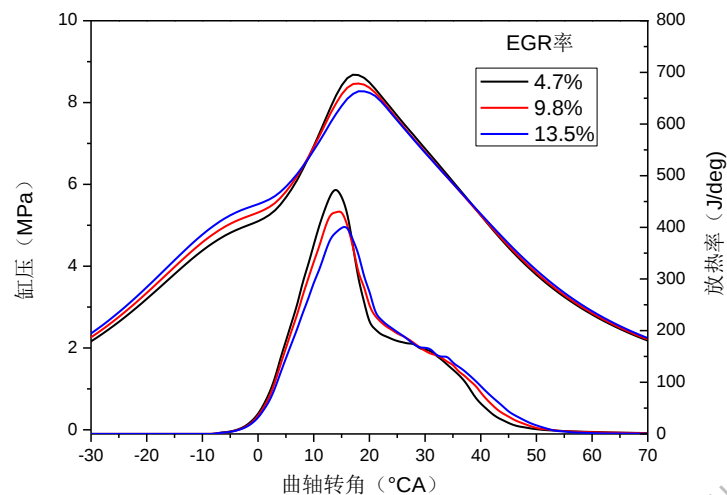
早喷和晚喷工况缸内混合气均匀度相当，但晚喷放热更集中，原因在于早喷工况下缸内混合气分布为上稀下浓，点火初期火花塞附近混合气偏稀，放热偏少，减缓了燃烧进程，不利于火焰的传播.因此，最佳喷射正时的选取原则应当为使缸内混合最为均匀或形成轻微的上浓下稀的混合气分布。

3、最佳喷射正时的确定—结论及规律

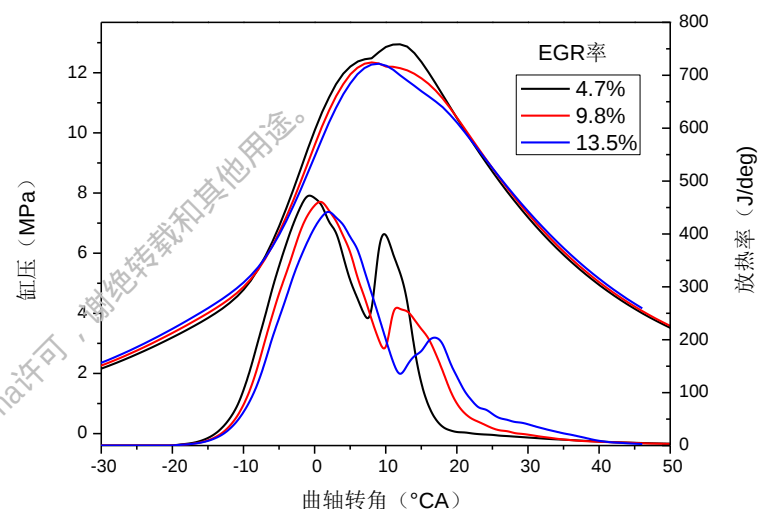


最佳喷射正时的燃料进入气缸相位应与空气进入气缸相位保持同步，此时燃料可充分借助空气的流动与空气混合均匀，而过早或过晚喷射都将导致缸内严重分层。部分负荷工况较全负荷应推迟喷射。

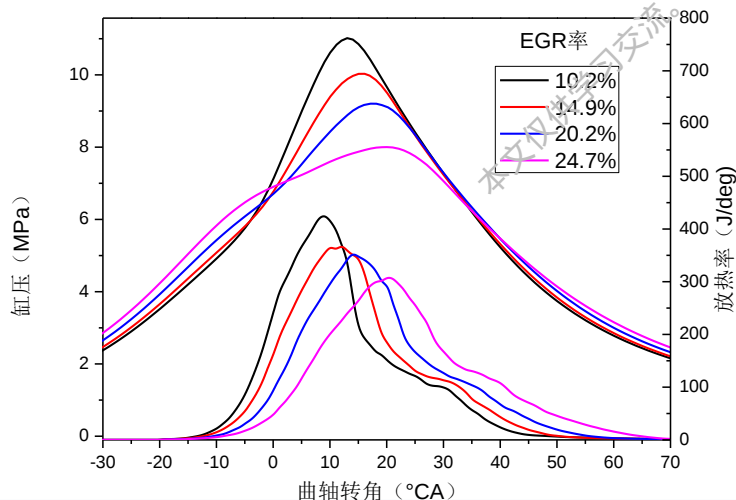
4 EGR率的影响—对燃烧的影响



1200rpm(点火时刻-8CA)



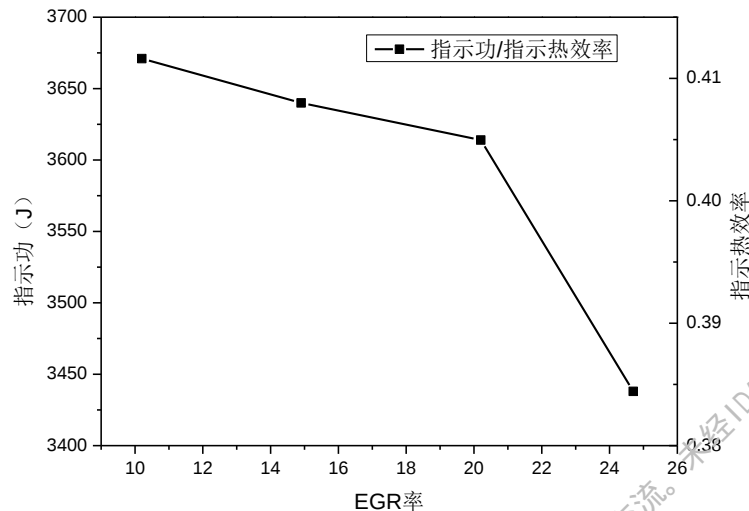
1200rpm(点火时刻-20CA)



1900rpm(点火时刻-20CA)

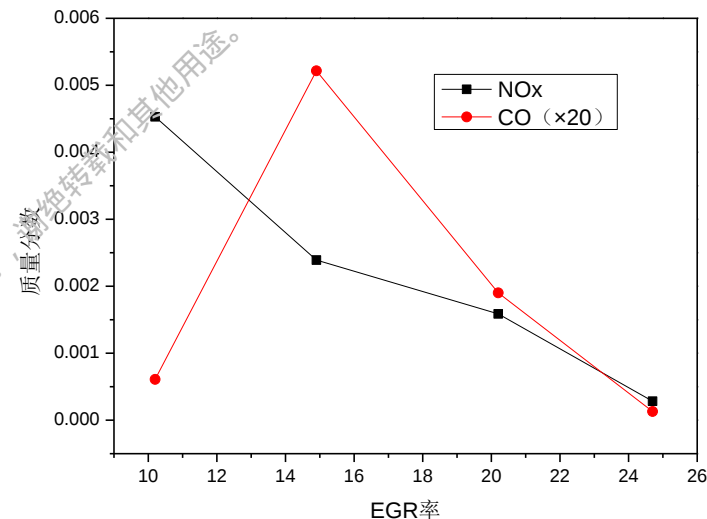
随着EGR率和增压压力的同时提高，压缩到上止点前压力提高，但燃烧放热率峰值下降，燃烧持续期延长，最高爆发压力也明显下降。爆震的倾向也明显减弱，从爆震放热峰的变缓也可推断出爆震强度下降。

4 EGR率的影响—对指示功和排放影响



指示功和指示热效率随着EGR率的提高而降低。提高增压压力和EGR率使得燃烧温度下降，传热损失减小，但同时导致燃烧减缓，放热等容度下降，以及工质比热比降低，不利于提高热效率。

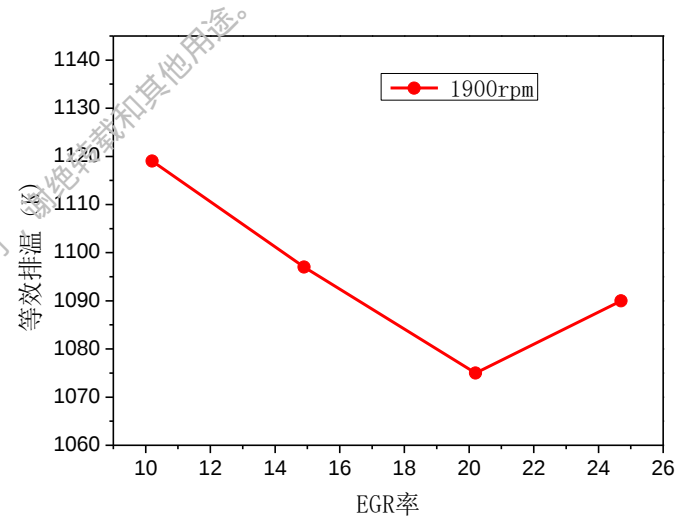
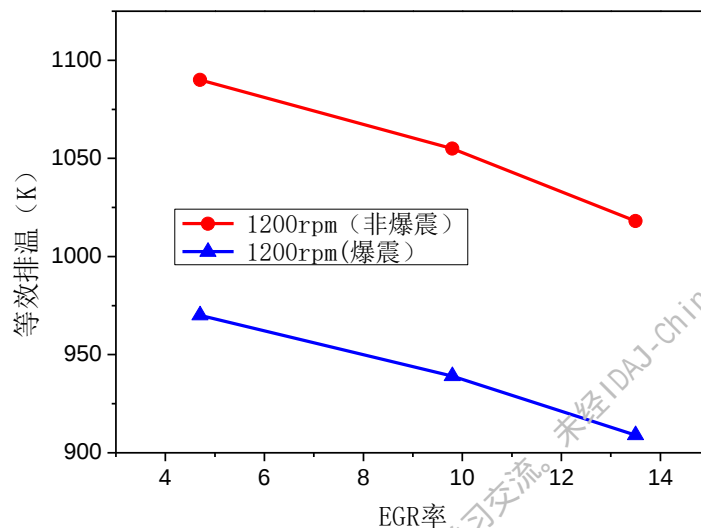
将EGR率由10.2%提高到20.2%后，指示热效率下降了约0.5%，而当EGR率进一步提高到24.7%后，指示热效率大幅下降2%，原因在于燃烧等容度大幅下降。



随着EGR率的增高，燃烧温度下降，NOx大幅下降。

CO呈现先增后降的规律。原因是2000K以上高温下CO的生成受化学平衡控制，温度越低，CO与CO₂的平衡越偏向于CO₂，这是EGR抑制CO排放的有利因素。但温度降低同样使得负责CO氧化的OH活性自由基生成受到抑制，而继续增大EGR率后CO峰值大幅下降，使得CO的最终生成量下降。

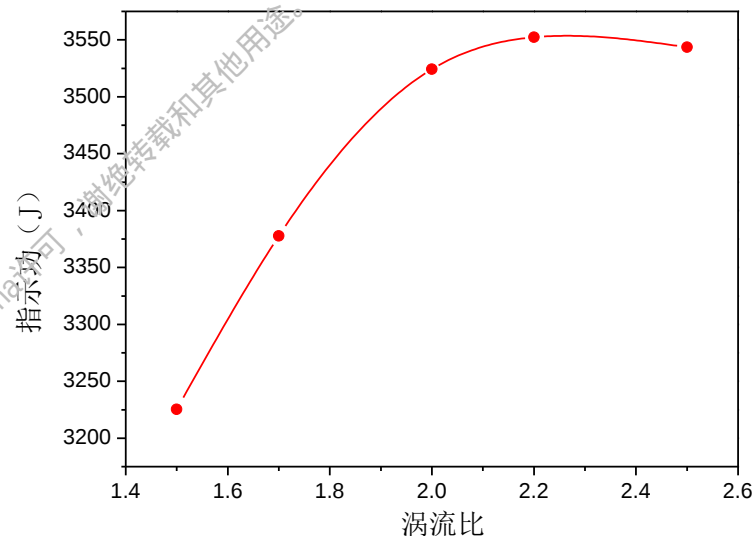
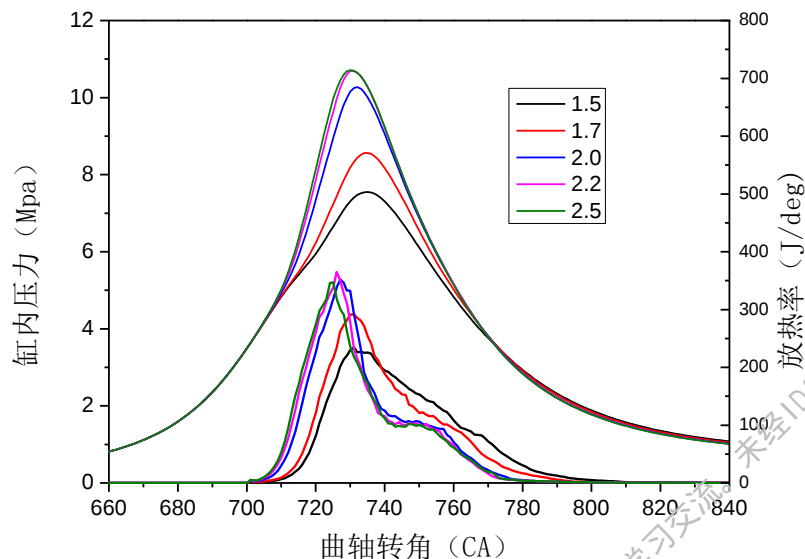
4 EGR率的影响—对指示功和排放影响



随着EGR率的升高等效排温降低。但1900rpm下，当EGR率从20.2%升至24.7%时，排温不降反增，原因是该工况下热效率降低幅度太大。1200rpm和1900rpm下增大EGR率后排温最大可降低72K和56K。

1200rpm下发生爆震后排温的下降归结于燃烧相位的提前及传热损失的增加，但发生爆震后缸内压力场预测已偏离实际，实际热效率将降低，排温降低幅度也将比计算值小。

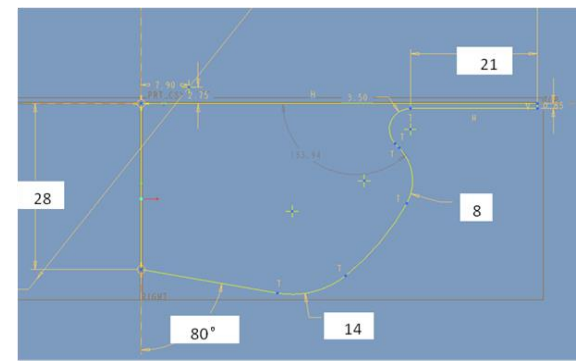
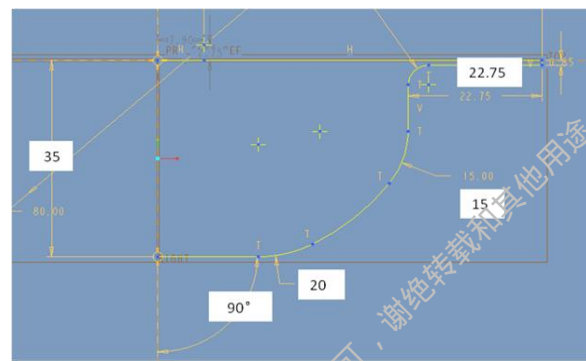
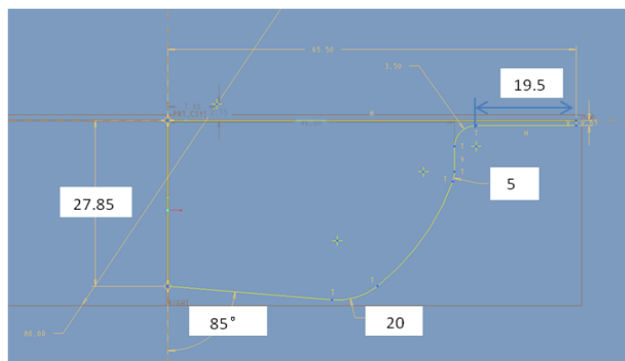
5、涡流比的影响



涡流比从1.5提高至2.5，放热提前，峰值上升，原因在于湍流强度的增加加快了湍流火焰传播速率，但至涡流比2.5时放热率峰值反而较涡流比2.2下降，为涡流比增大后缸内传热损失增加，影响了火焰传播速率。

此外，应考虑到涡流比增大后一般会使气道流量系数减小，造成进气量下降。

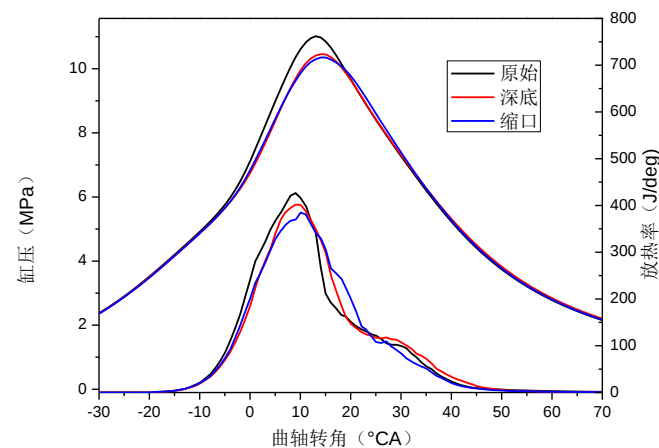
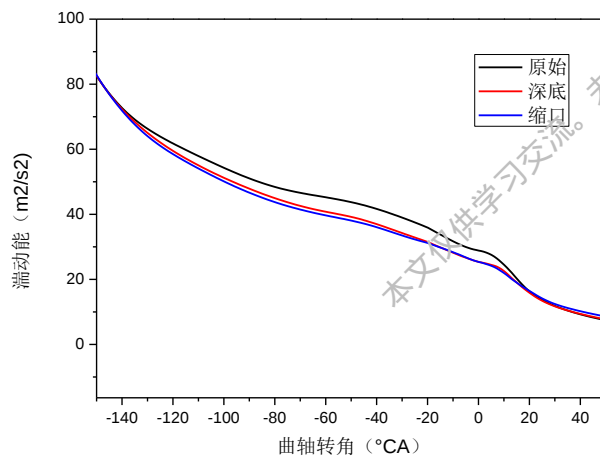
6、活塞燃烧室的影响



a) 原机

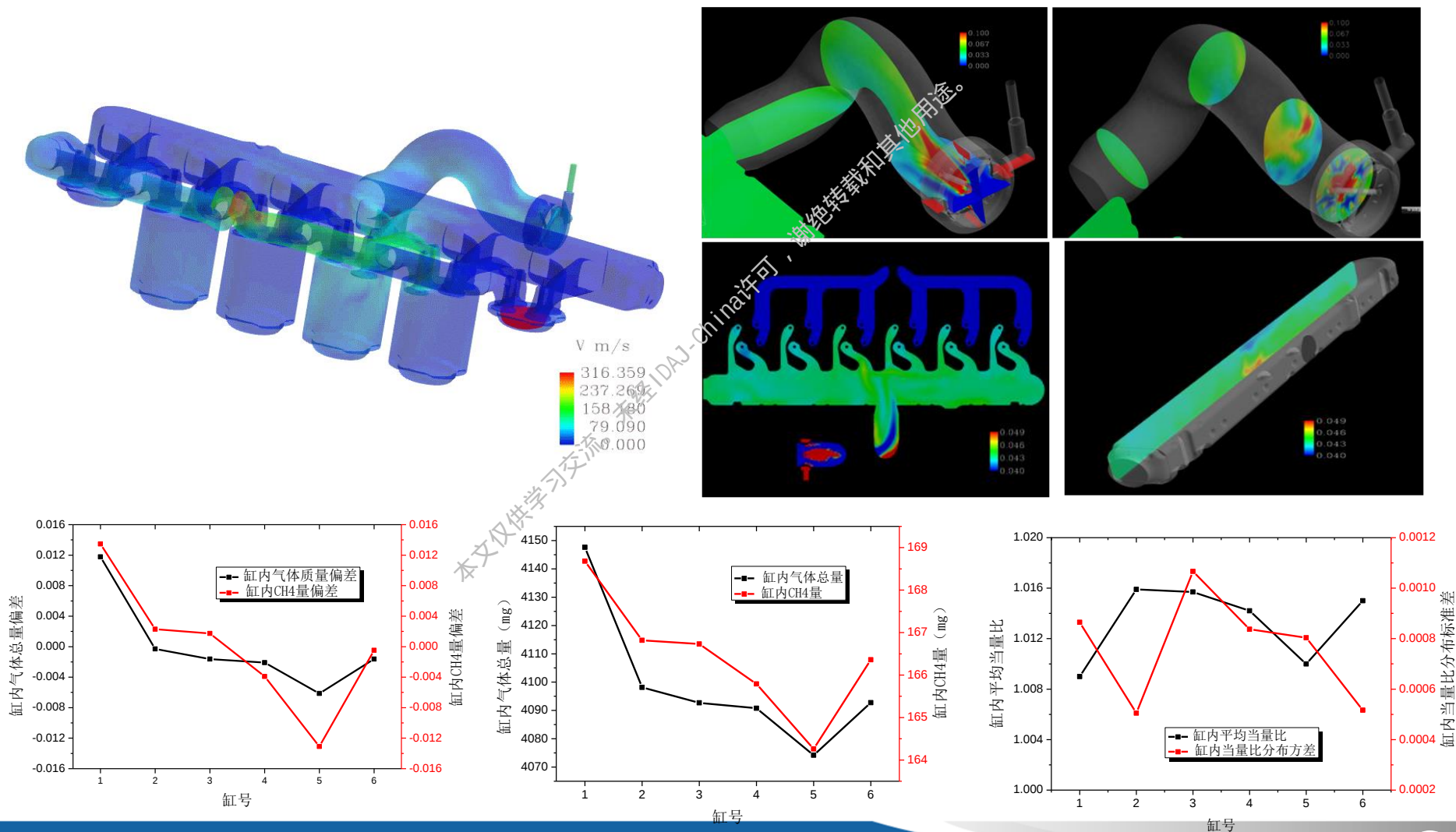
b) 原机

c) 缩口



原始设计、深坑和缩口燃烧室的指示热效率分别为41.16%，40.96%和40.91%，改型燃烧室端动能的降低使得燃烧初期（-10°~5°）放热速率减缓，热效率有略微的下降，主燃期燃烧速率降低对改型方案不利，但深底方案传热面积减小，缩口方案后燃强度下降是提高热效率的有利条件。燃烧室改型未能奏效

7、多缸均匀性计算



谢谢大家！

本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，谢绝转载和其他用途。